

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE REMOÇÃO DO ÓXIDO DE FERRO ATRAVÉS DA DECAPAGEM MECÂNICA NA TREFILAÇÃO DO AÇO ABNT 1075

Guilherme Oliveira de Souza, guilherme.souza@fieb.org.br¹
Robert Santos Corbacho, robert.corbacho@gmail.com¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes 1845, Piatã, Salvador-BA, 41650-010

Resumo: O objetivo principal deste trabalho foi analisar a viabilidade técnica do pré-tratamento mecânico de remoção de carepa da superfície do fio-máquina ABNT 1075 para a produção de fios de aço. A retirada da camada de óxidos ou carepa, conhecida por decapagem, tem grande importância e influência na qualidade superficial do fio de aço trefilado. A decapagem tem como objetivo eliminar a camada de óxidos, além de possibilitar uma condição superficial que permita facilitar o transporte do lubrificante sobre o fio trefilado antes mesmo do início da trefilação, evitando danos ao processo. Este trabalho apresenta um estudo experimental do processo de trefilação de fio-máquina de aço ABNT 1075 pré-tratado superficialmente através da decapagem mecânica, utilizando decapador mecânico por flexão. Foi realizado um experimento em uma linha de trefilação em que fio-máquina laminado era desbobinado, passava por um decapador mecânico por flexão, na sequência, era trefilado e acondicionado em carretéis, por fim, o fio trefilado passava por um tratamento pós-trefilação. No processo de trefilação foram variados, em dois níveis, os parâmetros velocidade de trefilação (8 e 10 m/s) e condições de lubrificação (número de graxadeiras com sabão à base de cálcio e à base de sódio). Foram utilizados como critérios de avaliação de processo o número de fraturas de fio e a quantidade de trocas de feiras, e como critérios de avaliação de produto o aspecto visual da superfície, o diâmetro, a carga de ruptura do fio trefilado e a qualidade de processo pós-trefilação. Os critérios de viabilidade técnica, estabelecidos de acordo com a prática da planta industrial onde se processou o experimento, foram o consumo máximo de 0,25 feiras por tonelada de fio de aço produzido, um índice máximo de 0,15 fraturas por tonelada de fio de aço produzido, amostras de fio trefilado isentas de defeitos superficiais facilmente visíveis, diâmetro de fio trefilado dentro do intervalo de 1,25 mm a 1,29 mm, carga de ruptura igual ou superior a 2200 N e índice máximo 0,18 fraturas por tonelada de fio de aço tratado em processo após a trefilação. Os resultados dos experimentos possibilitaram verificar que o processo mecânico de remoção da carepa possui viabilidade técnica em três das quatro condições experimentais adotadas. Apesar do processo de decapagem mecânica apresentar desempenho inferior quando comparado ao processo de decapagem química para requisitos como índice de fraturas na trefilação e processo pós-trefilação, o mesmo pode ser considerado viável tecnicamente.

Palavras-chave: trefilação, carepa, decapagem, decapagem mecânica, fio de aço

1. INTRODUÇÃO

A qualidade superficial do fio de aço trefilado é uma das principais exigências, não apenas do produto acabado, mas também em todas as fases do processo de transformação nas empresas metalúrgicas. Possivelmente alguns dos principais problemas do processo de trefilação estão relacionados com a sua grande sensibilidade a variações de seus processos e operações, incluindo entre estes as características que determinam o tratamento de pré-trefilação do aço, conhecido como decapagem (Chattopadhyay et al., 2009).

A decapagem é um processo de preparação superficial do aço que tem como objetivo remover a carepa – camada superficial composta, no caso dos aços, por óxidos de ferro – que se formam como consequência da laminação à quente do fio-máquina, matéria-prima usada para o processo de trefilação (Gillstrom e Jarl, 2006).

Esta camada de óxidos é caracterizada por uma dureza muito elevada com relação à dureza do restante do fio-máquina, e deve ser removida antes do processo de trefilação, pois a sua permanência, ou sua remoção de forma irregular, pode ocasionar danos ao processo e ao produto final, podendo inclusive, inviabilizá-lo (Gillstrom e Jarl, 2006).

A decapagem de fios-máquina pode ser feita por dois tipos de processo, o químico e o mecânico.

No processo de decapagem química a retirada da carepa é feita por meio do ataque químico controlado sobre a superfície do fio-máquina. Para tal, as bobinas deste material são submergidas em tanques de ácido sulfúrico ou clorídrico para remoção dos óxidos superficiais, depois passam por processo de lavagem com água e neutralizantes, como banhos de bórax ou cal para evitar a corrosão do próprio fio (Dove, 1979).

Já no processo de decapagem mecânica, o fio-máquina passa por um equipamento chamado decapador mecânico. O tipo mais comum deste equipamento é o conhecido por decapador mecânico por flexão, composto normalmente por um conjunto de polias posicionadas de maneira que faça com que o fio-máquina sofra sucessivas flexões, provocando o rompimento e o descolamento da camada de óxidos da superfície da matéria-prima (Chattopadhyay et al., 2009; Gillstrom e Jarl, 2006).

Segundo Hu et al. (2013), tendo em vista a produtividade e meio ambiente, a decapagem mecânica tem sido amplamente utilizada recentemente como alternativa para substituir a decapagem química.

A adoção da decapagem mecânica como tratamento pós-trefilação busca a simplificação do fluxo de produção de fios trefilados, uma vez que traria as seguintes vantagens:

- Redução do manuseio do fio-máquina, cujas bobinas não mais precisariam ser levadas para os tanques de decapagem, lavagem e neutralização, assim como para o galpão de secagem, nem necessitariam ser devolvidas ao galpão de estoque;
- Eliminação dos custos com o tratamento dos efluentes da estação de decapagem (ácidos, água e neutralizantes), com o armazenamento de ácidos e neutralizantes e com a manutenção dos tanques desta estação;
- Redução de controles documentais e pessoal envolvido no processo;
- Redução dos impactos ambientais relacionados com a produção de fios trefilados, uma vez que deixam de ser utilizados ácidos e neutralizantes, e reduz-se o consumo de água empregada neste processo.

O objetivo do trabalho relatado neste artigo foi analisar a viabilidade técnica da utilização do processo de decapagem mecânica, como processo de tratamento pré-trefilação, para a remoção de carepa de óxidos de ferro de fio-máquina de aço ABNT 1075, diâmetro 4,75 mm, como alternativa à decapagem química. Esta análise foi o cerne da dissertação de mestrado de mesmo nome (Corbacho, 2014), onde informações adicionais e uma revisão teórica mais aprofundada podem ser encontradas.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para possibilitar a análise da viabilidade técnica da utilização do processo de decapagem mecânica, como processo de tratamento pré-trefilação, para a remoção de carepa de óxidos de ferro de fio-máquina de aço ABNT 1075, assim como para analisar o efeito da variação dos parâmetros de trefilação, recorreu-se a um estudo experimental cujos métodos, procedimentos e materiais utilizados serão descritos ao longo desta seção.

O material utilizado para a realização dos experimentos foi o fio-máquina BC75, equivalente ao ABNT1075, com $4,75 \pm 0,30$ mm de diâmetro, acondicionado em bobinas de 2201 a 2260 kg. O produto final obtido por este processo é o fio de aço trefilado de 1,27 mm de diâmetro.

2.1. Fluxo de Processo

A análise da viabilidade técnica da decapagem mecânica apresentada aqui tem como referência os dados e índices do processo de decapagem química utilizado anteriormente na empresa em que estes experimentos foram realizados.

Com o objetivo de prover um melhor entendimento das análises feitas, o fluxo do processo de trefilação precedida pelo tratamento por decapagem química é apresentado a seguir, e na sequência, será detalhado o fluxo do processo de trefilação precedida pelo tratamento por decapagem mecânica adotado nos experimentos.

Decapagem Química

Na trefilação deste fio-máquina utilizando-se a decapagem química as bobinas são recepcionadas e enviadas para os tanques contendo ácidos decapantes. Logo após a retirada dos óxidos de ferro da superfície do aço, as bobinas são mergulhadas em tanques contendo água e a seguir em tanques com soluções alcalinas com efeitos neutralizantes. Após a secagem, as bobinas são levadas para os suportes de desenrolamento de fio-máquina. Uma vez na linha de trefilação, o fio-máquina desbobinado passa por um tanque de tetraborato de sódio (bórax pentahidratado), com o objetivo de aumentar o arraste de lubrificante sólido no blocos iniciais de trefilação, e segue para a máquina trefiladora.

No que diz respeito à lubrificação, são empregadas feiras de pressão e os lubrificantes utilizados para trefilação do fio-máquina decapado quimicamente são o TRAXIT TR41-B a base de cálcio e o VICAFIL SUMAC 2X a base de sódio, ambos do tipo sólido.

Os atuais dados e índices referentes à decapagem química deste aço são os seguintes:

- Máquina com onze passes de trefilação;
- Velocidade de trefilação: 10 m/s;
- Configuração das graxadeiras de lubrificantes: uma inicial à base de cálcio e demais graxadeiras com lubrificante à base de sódio;
- Índice de fraturas na trefilação: 0,07 fraturas / tonelada produzida;
- Índice de fraturas na linha pós-trefilação: 0,08 fraturas / tonelada produzida;
- Índice de consumo de feiras: 0,15 feiras / tonelada produzida.

Decapagem Mecânica

Já na trefilação deste fio-máquina precedido pela decapagem mecânica, as bobinas são recepcionadas e levadas diretamente para os suportes de desenrolamento. O fio-máquina desbobinado passa primeiramente por um decapador mecânico por flexão, em seguida por uma bancada de escovas e sopradores para remover resíduos de carepa, depois por um tanque de bórax pentahidratado e, por fim, segue para a máquina trefiladora.

Os principais equipamentos utilizados neste experimento foram: um par de suportes de desbobinador de fio-máquina, um decapador mecânico por flexão, uma bancada de escovas e sopradores, um tanque de bórx pentahidratado, uma máquina modelo Júpiter B302 com onze passes sequenciais de trefilação e carretéis de acondicionamento.

Os suportes desbobinadores de bobinas de fio-máquina têm capacidade para suportar uma bobina de fio-máquina em cada lado conforme ilustra a Fig. (1), à esquerda. São dispositivos fixos, com eixo horizontal, destinados a alojar e desbobinar de modo controlado bobinas de fio-máquina a fim de alimentar a máquina trefiladora de fio de aço. A Figura (1) ilustra também o decapador mecânico por flexão, que possui uma feira-guia em sua entrada cujo diâmetro é superior ao do fio-máquina decapado. Este equipamento possui base fixa, dobramento sobre polias em dois planos com um total de cinco roldanas fabricadas com metal duro e com base coletora de carepas.



Figura 1. Suportes desbobinadores de bobinas de fio-máquina (à esquerda) e decapador mecânico por flexão (à direita).

A Figura (2) mostra a bancada fixa de escovas e sopradores, contendo uma escova espiralada na entrada do equipamento (seta indicativa vermelha), seguida por 3 escovas rotativas (setas indicativas amarelas) e sopradores de ar comprimido atuando em todo o diâmetro do fio em sentido contrário ao seu deslocamento. As cerdas de todas as escovas são de aço recoberto com latão e têm diâmetro de 0,25 mm.



Figura 2. Bancada de escovas e sopradores, escova espiralada e escova rotativa.

A máquina de trefilar (Fig. (3)) utilizada no experimento possui as seguintes características:

- Fabricante - Bekaert tipo Júpiter B302;
- N° de Passes de trefilação - 11 (11 bobinas);
- Velocidade final real - variável por bitola (velocidade máxima para o experimento de 10 m/s);
- Bobinador de 560 mm de diâmetro com mesa rotativa;
- Duas possibilidades de acondicionamento, cesto metálico e carretel;
- Graxadeiras com misturador de lubrificante e feiras rotativas.

2.2. Condições Experimentais

O experimento foi realizado com a variação controlada de dois fatores: condições de lubrificação e velocidade de trefilação.

As velocidades adotadas foram 10 m/s, por ser a velocidade adotada na trefilação do fio decapado quimicamente, e 8 m/s.

Para a variação das condições de lubrificação, variou-se o número de graxadeiras com lubrificante à base de cálcio em detrimento às graxadeiras com lubrificante à base de sódio. Por se tratar de um processo de 11 passes, eram utilizadas 11 graxadeiras, sendo que o sabão à base de cálcio preenchia as graxadeiras iniciais (2 a 3) e o sabão à base de sódio as graxadeiras restantes (8 a 9). Sabões lubrificantes à base de cálcio são muito utilizados quando se tem a

decapagem mecânica e baixas velocidades de trefilação, e os lubrificantes à base de sódio são recomendados para serem utilizados em passes com altas velocidades (Cetlin, 1983 e Dieter, 1998).



Figura 3. Máquina de trefilar utilizada no experimento.

Ao todo, foram testadas 4 condições experimentais, com uma réplica. A Tabela (1) apresenta estas condições experimentais na ordem em que os experimentos foram realizados. Para iniciar o teste com cada condição e réplica, foram utilizados novos jogos de feiras e substituído o lubrificante nas graxadeiras de trefilação. Para cada condição e réplica, a quantidade de matéria prima processada foi a mesma, ou seja, cinco toneladas de fio-máquina divididas em 12 bobinas e, para cada bobina processada era obtido um carretel de fio trefilado.

Tabela 1. Condições experimentais.

Condição	Graxadeiras com lubrificante Cálcio	Graxadeiras com lubrificante Sódio	Velocidade (m/s)	Produção (t)
1	3	8	10	5
2	3	8	8	5
3	2	9	10	5
4	2	9	8	5

Os fatores que não foram variados durante o experimento foram mantidos constantes como foi o caso da concentração, da temperatura e do volume do banho de bórx, das reduções (jogos de feiras) e do nível de sabão lubrificante das graxadeiras.

Os experimentos foram desenvolvidos nas instalações de uma unidade industrial metalúrgica. Sua realização foi acompanhada por 1 técnico de processo, 1 técnico de laboratório e 1 engenheiro de produção, além de 1 operador de produção. Durante o experimento a temperatura ambiente média ficou em 27 °C e a umidade relativa do ar em torno de 55%.

O banho de bórx pentahidratado se deu à concentração de $200 \pm 10\%$ gramas por litro de água e temperatura de 85 ± 10 °C, em um tanque com capacidade de aproximadamente 260 litros.

2.3. Procedimentos de Análise

Como forma de analisar a viabilidade técnica do processo de remoção do óxido de ferro através da decapagem mecânica na trefilação do aço ABNT 1075, foram analisados os seguintes fatores:

- Qualidade do processo de trefilação;
- Qualidade do fio trefilado;
- Qualidade do processo pós-trefilação.

Para analisar a qualidade do processo de trefilação, foram acompanhados o número de trocas de jogos de feiras e o número de fraturas de fio trefilado durante o processo. Todas as ocorrências de trocas de jogos de feiras ou de fraturas de fios trefilado durante a execução de cada teste foram registrados. Os critérios adotados para a de troca dos jogos de feiras foram a ocorrência de defeitos superficiais no fio trefilado causados pelas feiras, ou diâmetro do fio trefilado acima do limite máximo tolerado, de 1,29 mm.

Já para a análise da qualidade do fio trefilado, foram utilizados os procedimentos de observação do aspecto visual superficial, análise dimensional e ensaio de tração.

De cada carretel produzido (resultante de uma bobina processada) foi retirada uma amostra de aproximadamente 50 cm de comprimento do fio trefilado para avaliação do aspecto visual. O procedimento se deu através da simples observação visual, seguida da observação através de microscópio estereoscópio, modelo XTX-3C da Ningbo Huaguang Precision Instrument, com ampliação de quatro vezes, com o objetivo de identificar defeitos superficiais.

Essas mesmas amostras eram submetidas à análise dimensional, para a qual foi utilizado um Micrômetro Digital, marca Mitutoyo, de resolução 0,001 mm e campo de medição de 0 mm a 25 mm, com graduação no tambor e dentro do prazo de calibração. Conforme Fig. (4), o instrumento está sobre um suporte para micrômetros externos, o que facilita o manuseio por parte do técnico executor da medição manter ambas as mãos livres para operações com o micrômetro.



Figura 4. Micrômetro utilizado na análise dimensional dos fios trefilados.

Também de cada carretel produzido (resultante de uma bobina processada) foi retirada uma amostra para o ensaio de tração dos fios trefilados. Para sua execução foi utilizada uma máquina de ensaio universal dinâmica modelo 3382 da Instron, faixa nominal de carga de 0 a 100 kN e garra hidráulica, conforme Fig. (5).



Figura 5. Máquina de ensaio universal utilizada para os testes de tração.

Por fim, a análise da qualidade de processo pós-trefilação foi realizada acompanhando o fio trefilado quando submetido a um processo posterior. O fio trefilado em estudo é, normalmente, submetido a tratamentos superficiais para atingir a condição de produto acabado. Para estes tratamentos superficiais, o fio trefilado é removido de seu carretel de acondicionamento por tração, passa pelas estações de tratamento e é enrolado em um novo carretel. Todos os carretéis de fio trefilado foram submetidos a este processamento pós-trefilação para a verificação de possíveis anomalias de processo, sendo o número de fraturas de fio o principal fator a ser acompanhado.

2.4. Critérios de Análise de Viabilidade Técnica

De acordo com os fins deste estudo, para ser considerado viável tecnicamente o processo de remoção do óxido de ferro através da decapagem mecânica na trefilação do aço ABNT 1075 tem que obter um fio-máquina decapado que garanta níveis aceitáveis de:

- Qualidade do processo de trefilação;
- Qualidade do fio trefilado;
- Qualidade do processo pós-trefilação.

Os critérios adotados para estabelecer os níveis aceitáveis em cada um destes quesitos são apresentados a seguir. Todos os valores de limite e referência adotados foram estabelecidos de acordo com a prática da planta industrial onde se processou o experimento.

Quanto à qualidade do processo de trefilação, para o consumo de feiras, ficou estabelecido como limite de viabilidade técnica o índice de 0,25 feiras por tonelada de fio de aço produzido, já para o número de fraturas de fio trefilado, o índice máximo para considerar o processo viável tecnicamente foi de 0,15 fraturas por tonelada de fio de aço produzido.

No que diz respeito à qualidade do fio trefilado produzido, para o processo ser considerado aceitável, as amostras de fio trefilado deveriam ser isentas de defeitos superficiais facilmente visíveis como pés de corvo, soldas mal feitas, frisos gerados por roldanas ou rolamentos danificados, marcas de feiras por desgaste natural ou por excesso de temperatura na trefilação e marcas oriundas de defeitos estruturais do aço. Além disso, seu diâmetro deve se manter no intervalo de 1,25 mm a 1,29 mm. Por fim, sua carga de ruptura deveria ser igual ou superior a 2200 N.

Considerando a qualidade do processo pós-trefilação, o índice máximo de fraturas do fio em tratamento para considerar-se o processo pós-trefilação aceitável foi de 0,18 fraturas por tonelada de fio de aço produzido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela (2) apresenta todos os resultados obtidos neste experimento.

Tabela 2. Resultados Gerais.

	Dados do Experimento					Resultados Obtidos						
	Graxadeiras iniciais com lubrificantes de cálcio	Graxadeiras com lubrificantes de sódio	Velocidade (m/s)	Produção (t)	Quantidade de carretéis produzidos	Unidades Produzidas	Número de fraturas	Aspecto Visual fio trefilado	Diâmetro Médio (mm)	Carga de Ruptura Média (Newton)	Troca de Feiras	Número de fraturas na linha pós-trefilação
1ª. Condição	3	8	10	5	12	01 a 12	1	Ok	1,265	2.766	-	1
Réplica	3	8	10	5	12	13 a 24	0	Ok	1,266	2.783	-	
2ª. Condição	3	8	8	5	12	25 a 36	0	Ok	1,267	2.717	-	0
Réplica	3	8	8	5	12	37 a 48	0	Ok	1,266	2.733	-	
3ª. Condição	2	9	10	5	12	49 a 60	2	Não Ok	1,268	2.750	6	4
Réplica	2	9	10	5	12	61 a 72	2	Não Ok	1,266	2.720	5	
4ª. Condição	2	9	8	5	12	73 a 84	0	Ok	1,266	2.717	-	1
Réplica	2	9	8	5	12	85 a 96	0	Ok	1,263	2.755	-	

3.1. Análise de Viabilidade Técnica

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos para cada condição experimental.

1ª Condição – 3 graxadeiras com lubrificante à base de cálcio, 8 com lubrificante à base de sódio e 10 m/s

Tratando da qualidade do processo de trefilação, o fio-máquina decapado mecanicamente apresentou desempenho aceitável. Com relação ao consumo de feiras, tanto o teste quanto a réplica não implicaram na necessidade de trocar feiras ao longo do processamento das 5 toneladas de fio-máquina decapado mecanicamente.

Analisando as fraturas de fio, foi registrada a ocorrência de apenas uma fratura durante a execução do teste, o que não voltou a ocorrer na réplica. Desta maneira, o índice de fraturas para o teste foi de 0,2 fraturas por tonelada de fio produzido. Como a réplica deste teste não apresentou fratura, o índice médio desta condição foi de 0,1 fraturas por tonelada de fio produzido, um valor abaixo do limite de 0,15.

A fratura aconteceu entre o oitavo e o nono bloco da máquina trefiladora, quando era processada a 10ª bobina, e foi do tipo dúctil, iniciada em região com defeito mecânico do tipo pé de corvo. A Figura (6) apresenta fotos ampliadas da fratura.

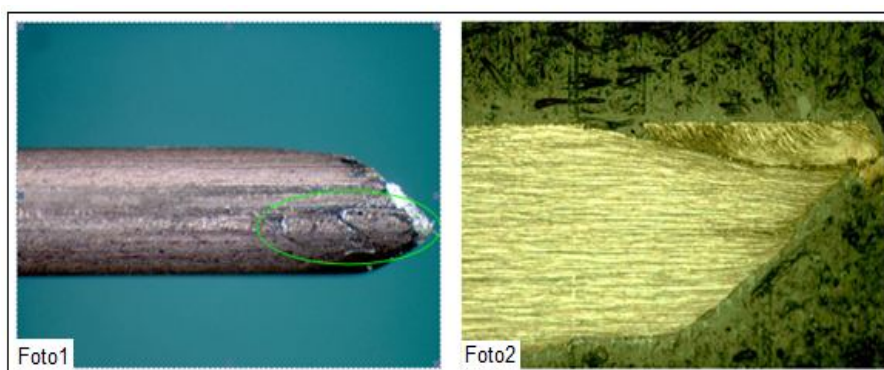


Figura 6. Fratura dúctil ocorrida durante o teste com a 1ª condição experimental.

Podem ser consideradas como possíveis causas a existência de algum defeito superficial no fio-máquina, a remoção ineficiente da carepa, ou ainda, deficiências na lubrificação.

Quanto à qualidade do fio trefilado, o desempenho também foi aceitável. A análise do aspecto visual não encontrou defeitos superficiais ou carepa residual nas 24 amostras observadas. Na análise dimensional, todas as medidas de diâmetro tomadas ficaram abaixo do limite de 1,29 mm, sendo o diâmetro médio encontrado de 1,265 mm. No teste de tração, todas as amostras apresentaram carga de ruptura acima de 2200 N, sendo o valor médio encontrado de 2774 N.

Com respeito à qualidade do processo pós-trefilação, o processamento das 10 toneladas (24 carretéis) trefiladas com a condição experimental 1 apresentou apenas uma ruptura, resultando em um índice de 0,1 fraturas por tonelada, abaixo, portanto, do limite de 0,18 estabelecido, caracterizando um desempenho aceitável.

2ª Condição – 3 graxadeiras com lubrificante à base de cálcio, 8 com lubrificante à base de sódio e 8 m/s

O fio-máquina decapado mecanicamente quando submetido à trefilação com os parâmetros da 2ª condição experimental não implicou na troca de feiras e tampouco em fraturas de fio após o processamento das 10 toneladas de material do teste e réplica, logo, na análise da qualidade do processo de trefilação, seu desempenho foi aceitável.

O desempenho também foi aceitável quanto à qualidade do fio trefilado. Na análise dimensional, todas as medidas de diâmetro tomadas ficaram abaixo do limite de 1,29 mm, com diâmetro médio de 1,267 mm. No teste de tração, todas as amostras apresentaram carga de ruptura acima de 2200 N, sendo o valor médio encontrado de 2725 N.

Com relação à qualidade do processo pós-trefilação, o desempenho também foi aceitável, uma vez que o processamento das 10 toneladas (24 carretéis) trefiladas com a condição experimental 2 não apresentou ruptura alguma.

3ª Condição – 2 graxadeiras com lubrificante à base de cálcio, 9 com lubrificante à base de sódio e 10 m/s

Esta condição experimental foi aquela em que o fio-máquina decapado mecanicamente apresentou os piores índices de desempenho. O processo se mostrou inviável tecnicamente uma vez que houve a necessidade de troca de 11 feiras. No teste, foram trocadas 6 feiras após o processamento da 10ª bobina, e na réplica, trocaram-se 5 feiras após o processamento da 11ª bobina, uma vez que, em ambos os casos, o fio trefilado apresentava frisos longitudinais, como mostra a Fig. (7).

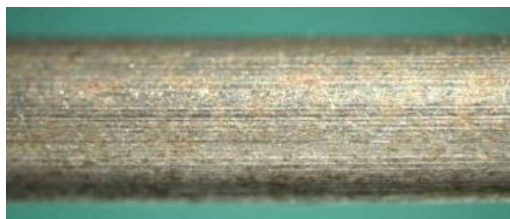


Figura 7. Frisos longitudinais no fio trefilado. Amostra do 10º carretel produzido com a 3ª condição experimental.

Estes frisos foram originados do desgaste das feiras dos últimos blocos de trefilação, o que pode ser atribuído à pior condição de lubrificação decorrente da utilização de uma graxadeira a menos com lubrificante à base de cálcio, associada com a mais alta velocidade de processo testada (10 m/s).

Os índices de consumo de feiras ficaram, portanto, em 1,0 e 1,2 feiras por tonelada para o teste e réplica, respectivamente, perfazendo uma média de 1,1 feiras por tonelada, acima do limite estabelecido em 0,25.

A quantidade de fraturas de fio também foi elevada para esta condição experimental, com um índice de 0,4 fraturas por tonelada no teste e na réplica, acima do limite de 0,15. Foram identificadas quatro fraturas de fio (bobinas 10 e 11 do teste e 11 e 12 da réplica), e duas delas foram submetidas à análise macrográfica. As fraturas ocorridas na bobina 10 do teste e 11 da réplica podem ser visualizada na Fig. (8).

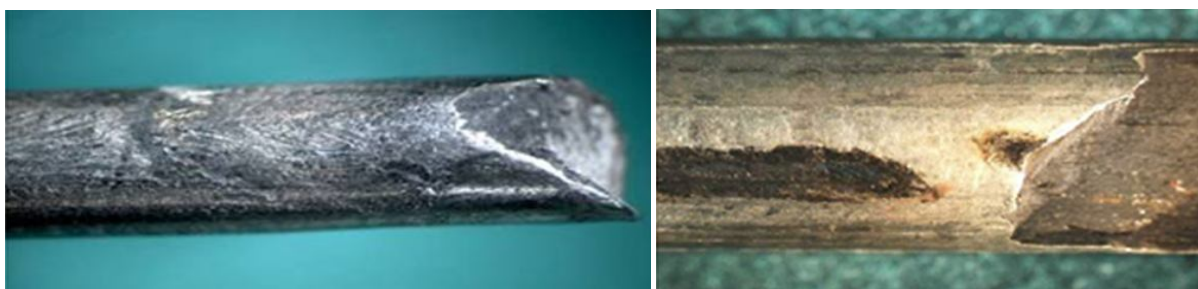


Figura 8. Fio fraturado em processo. Fratura da 10ª bobina do teste (esquerda) e da 11ª bobina da réplica (direita) ocorridas com a 3ª condição experimental.

Ambas têm características de fratura frágil. A primeira (à esquerda na figura) ocorreu na região da solda realizada para unir as pontas das bobinas do fio-máquina para dar sequência ao processo. A segunda (à direita na figura) apresentou a face de fratura com algumas regiões escurecidas, indicando uma possível ineficiência na lubrificação da região. As outras duas fraturas ocorridas (bobinas 11 do teste e 12 da réplica) apresentaram o mesmo aspecto visual desta última fratura.

Quanto à qualidade do fio trefilado, o desempenho foi aceitável para os 9 primeiros carretéis do teste e 10 primeiros carretéis da réplica, com o fio sem apresentar defeitos superficiais. Na análise dimensional, todas as medidas de diâmetro tomadas ficaram abaixo do limite de 1,29 mm, com diâmetro médio de 1,267 mm. No teste de tração, todas as amostras apresentaram carga de ruptura acima de 2200 N, sendo o valor médio encontrado de 2733 N.

No que diz respeito à qualidade do processo pós-trefilação, esta condição também se mostrou inviável tecnicamente. Ao longo do processamento das 10 toneladas de fio-máquina, ocorreram 4 fraturas, resultando em um índice de 0,4 fraturas por tonelada, acima do limite de 0,18 aceitável.

4ª Condição – 2 graxadeiras com lubrificante à base de cálcio, 9 com lubrificante à base de sódio e 8 m/s

O fio-máquina decapado mecanicamente quando submetido à trefilação com os parâmetros da 4ª condição experimental não implicou na troca de feiras e tampouco em fraturas de fio após o processamento das 10 toneladas de material do teste e réplica, logo, na análise da qualidade do processo de trefilação, seu desempenho foi aceitável.

O desempenho também foi aceitável quanto à qualidade do fio trefilado. Na análise dimensional, todas as medidas de diâmetro tomadas ficaram abaixo do limite de 1,29 mm, com diâmetro médio de 1,264 mm. No teste de tração, todas as amostras apresentaram carga de ruptura acima de 2200 N, sendo o valor médio encontrado de 2735 N.

Com respeito à qualidade do processo pós-trefilação, o processamento das 10 toneladas (24 carretéis) trefiladas com a condição experimental 4 apresentou apenas uma ruptura, resultando em um índice de 0,1 fraturas por tonelada, abaixo, portanto, do limite de 0,18 estabelecido, caracterizando um desempenho aceitável.

3.2. Considerações sobre a Viabilidade Técnica

Avaliando o experimento desenvolvido e seus resultados, fica evidenciada a viabilidade técnica da decapagem mecânica do fio-máquina 1075, uma vez que, de maneira geral, o fio-máquina decapado resultou em níveis aceitáveis de qualidade do processo de trefilação, qualidade do fio trefilado e qualidade do processo pós-trefilação.

A única condição experimental para a qual o fio-máquina decapado mecanicamente não teve desempenho aceitável foi a terceira, devido a índices inaceitáveis de qualidade de processo de trefilação e pós-trefilação. O índice de fraturas na trefilaria foi de 0,40 fraturas por tonelada produzida, ficando acima do máximo aceitável para o processo que é de 0,15 por tonelada. O desgaste de feiras também se manteve acima do aceitável, ficando em torno de 1,1 feiras por tonelada produzida, contra 0,25 feiras por toneladas como índice máximo aceitável. Foram produzidos 5 carretéis com defeitos superficiais, e, processando os carretéis desta terceira condição e réplica na linha pós-trefilação, foi obtido um resultado de 0,40 fraturas por tonelada, superior aos 0,18 estabelecidos como índice máximo aceitável.

As demais condições experimentadas resultaram em um desempenho aceitável do fio-máquina decapado mecanicamente, permitindo que o processo de decapagem mecânica seja considerado viável tecnicamente. Este experimento aponta, inclusive, para a possibilidade de se trefilar fios-máquina decapados mecanicamente com índices de produtividade similares aos da trefilação de fios decapados quimicamente, uma vez que foi possível realizar o processo com a mesma velocidade da prática atual nesta instalação fabril, 10 m/s.

A Tabela (3) mostra um comparativo dos resultados encontrados nos testes com as 3 condições que levaram a índices aceitáveis, com os padrões de trefilação e pós-trefilação de fios de 1,27 mm de diâmetro decapados quimicamente.

Tabela 3. Comparativo Decapagem Química x Decapagem Mecânica.

Decapagem	Graxadeiras Cálcio	Graxadeiras Sódio	Velocidade (m/s)	Consumo de Feiras feiras/tonelada	Fraturas Trefilação fraturas/tonelada	Fraturas Pós-Trefilação fraturas/tonelada
Química	1	10	10	0,15	0,07	0,08
Mecânica (1)	3	8	10	0	0,1	0,1
Mecânica (2)	3	8	8	0	0	0
Mecânica (4)	2	9	8	0	0	0,1

4. CONCLUSÃO

Com o objetivo de analisar a viabilidade técnica do processo de remoção do óxido de ferro através da decapagem mecânica na trefilação do aço ABNT 1075, o estudo aqui relatado abordou o tema de maneira experimental. Foi executado um experimento em que bobinas de fio-máquina decapado mecanicamente foram trefilados em 4 diferentes condições experimentais com variação das condições de lubrificação e da velocidade de trefilação, e tanto o processo de trefilação quanto seus resultados foram analisados de acordo com os procedimentos e critérios de análise de viabilidade.

Como principais conclusões obtidas, podem ser destacadas as seguintes:

- fica evidenciada a viabilidade técnica da decapagem mecânica do fio-máquina 1075, uma vez que, de maneira geral, o fio-máquina decapado resultou em níveis aceitáveis de qualidade do processo de trefilação, qualidade do fio trefilado e qualidade do processo pós-trefilação;
- a única condição experimental para a qual o fio-máquina decapado mecanicamente não teve desempenho aceitável foi a terceira, devido a índices inaceitáveis de qualidade de processo de trefilação e pós-trefilação, resultantes da associação de uma velocidade de processo inadequada com uma pior condição de lubrificação;
- as demais condições experimentadas resultaram em um desempenho aceitável do fio-máquina decapado mecanicamente, permitindo que o processo de decapagem mecânica seja considerado viável tecnicamente;
- este experimento apontou, inclusive, para a possibilidade de se trefilar fios-máquina decapados mecanicamente com índices de produtividade similares aos da trefilação de fios decapados quimicamente, uma vez que foi possível realizar o processo com a mesma velocidade da prática atual nesta instalação fabril, 10 m/s.

5. REFERÊNCIAS

- CETLIN, P. R. Propriedades Mecânicas à Tração de Barras e Arames de Seção Circular Obtidos por Trefilação. 1983. UFMG, 1983. 219p. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1983.
- Chattopadhyay, A., Kumar, P. e Roy, D., 2009, “Study on Formation of “Easy to Remove Oxide Scale” During Mechanical Descaling of High Carbon Wire Rods”, Surface e Coatings Technology, Vol. 203, pp. 2912-2915.

- Corbacho, R., 2014, “Análise da Viabilidade Técnica do Processo de Remoção do Óxido de Ferro Através da Decapagem Mecânica na Trefilação do Aço ABNT 1075”, dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador.
- DIETER, G. E. Mechanical Metallurgy. 3rd Ed., London: Mac Graw-Hill Book Company, 1998.
- DOVE, A. B. Steel Wire Handbook. USA, the Wire Association International, INC, Vol.1 3. Ed., 1979.
- GILLSTROM, P.; JARL, M. Mechanical Descaling of Wire Rod Using Reverse Bending and Brushing. Journal of Materials Processing Technology, p.332-340, 2006.
- HU, X. et al. Oxide Scale Growth on High Carbon Steel at High Temperatures. Journal of iron and steel research, international. 20(1): p.47-52, 2013.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

TECHNICAL FEASIBILITY ANALYSIS OF THE MECHANICAL DESCALING PRIOR TO DRAWING OF ABNT 1075 STEEL WIRE

Guilherme Oliveira de Souza, guilherme.souza@fieb.org.br¹
Robert Santos Corbacho, robert.corbacho@gmail.com¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes 1845, Piatã, Salvador-BA, 41650-010

Abstract: *The main goal of this work was to analyze the technical feasibility of the mechanical descaling process to remove mill scale from wire rod prior to drawing of ABNT 1075 steel wire. The process of removing oxides layer or mill scale known as descaling exerts great influence over the surface quality of cold drawn steel wire. Its goal is to remove the oxides and promote a surface condition that helps dragging lubricant in the drawing process. This paper presents an experimental study of ABNT 1075 steel wire drawing preceded by mechanical descaling using reverse bending. An experiment was performed on a drawing line in which the hot rolled wire rod passed through the following steps: decoiling, mechanical descaling (reverse bending followed by brushing), drawing and spool winding. At last the wire passed through a post-treatment process consisting of unwinding, coating and rewinding. Except for the drawing, all of the process parameters were maintained constant. In the drawing process the variable parameters were drawing speed (8 and 10 m/s) and the lubrication conditions (quantity of soap boxes with calcium based soap or sodium based soap). The process evaluation criteria were wire fracture rate and die exchange rate. As product evaluation criteria were adopted the wire surface visual aspect, the drawn wire diameter, the rupture tensile load and the wire fracture rate on the post-drawing process. The technical feasibility criteria were the same adopted by the industrial plant where this experiment was performed, maximum die exchange rate of 0,25 dies/ton of drawn wire, maximum wire fracture rate of 0,15 fractures/ton of drawn wire, visible surface defects-free wire samples, wire diameter between 1,25 mm and 1,29 mm, rupture tensile load greater than or equal to 2200 N and maximum wire fracture rate on the post-drawing process of 0,18 fractures/ton of drawn wire. The results have shown that the tested process was technically feasible in three of the four experimental conditions. It can be said that the wire drawing process preceded by mechanical descaling have shown itself technically feasible, even though it has had inferior performance when compared with the same process precede by chemical pickling.*

Keywords: *wire drawing, oxide, mill scale, mechanical descaling, steel wire*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.